

异质性要素替代弹性、有偏技术进步与中国结构转型¹

卓玛草²

摘要 本文为两部门异质性替代弹性提供了一个来自中国的研究,将有偏技术进步嵌入多部门结构转型模型,拓展 AG 和 NP 模型将“要素再平衡效应”纳入理论机制。基于中国 1984 年以来的数据,发现农业和非农业部门内部要素替代弹性小于 1,部门间产品需求替代弹性大于 1,基准模型较好地拟合了中国农业就业比重不断下降、非农业就业比重持续上升的结构转型特征。其中,相对价格效应和相对边际产出效应是决定结构变迁的主导机制,要素异质性替代弹性的影响非常有限。本研究启示是提高农业要素替代弹性是促进农业劳动向非农就业转移的关键,创新驱动增进非农业技术进步率培育增长新动能同时,需兼顾要素收入分配的方向。

关键词 要素替代弹性;有偏技术进步;结构转型

0 引言

中国经济高速增长阶段约在 2014 年结束且正处于结构性调整的变化中。面对新的主要矛盾和增长下行压力,从结构变化和经济增长的相互作用、相互依赖探讨中国经济增长动能和潜力已成为当前最受关注的研究领域之一。路风(2022)解释中国为什么能够增长,答案是中国工业体系的递增报酬机制,后进国家只有以领先国家的产业结构为基本参照,建立需求-供给相互诱发的工业体系,才能产生持续提高生产率的“正反馈”机制,即为中国高增长的内生动力。朱民等(2020)提出影响中国经济潜在增长率评估的重要因素是中国工业化进程中产业结构的变化,尤其是产业间和产业内结构转型逐步成为我国未来经济增长引擎。借鉴张军等(2016)以东亚经济体为参照推测中国经济未来经济增

¹ 感谢国家自然科学基金西部项目(2018XSH004)的资助。感谢匿名审稿人给出的宝贵修改建议。

² 卓玛草,西北师范大学经济学院副教授,E-mail:xhzmcc123@126.com。

长潜力和结构演化研究,本文进一步归纳中国产业结构转型的特征事实^①。中国产业结构转型的总体趋势符合“库兹涅茨事实”,但中国经济结构变化模式、进程具有鲜明的中国特色。一是不同于发达国家工业产值和就业占比先上升后下降“倒U型”趋势明显,而中国工业增加值份额长期稳定在40%~50%之间,未表现出显著的“倒U型”非单调变化,延缓了峰值的到达和后工业化进程。而正是这一独有特征培育的工业体系的扩张被认为是中国高增长的动力所在(路风,2022);二是不同于发达国家产业构成变化具有一致性,而中国以产值份额和就业份额衡量的产业构成变化不一致,二者缺口源于农业就业占比偏高而非农产业就业占比偏低,尤其是服务业部门。而正是这一独有的劳动供给特征蕴含的农业劳动力向非农产业转移被认为是中国未来实现经济增长的重要来源(张军等,2016)。研究中国产业结构转型,首先要识别中国产业结构变化特征,再考虑多种机制解释特征事实成因,最后预测未来经济结构演化与增长趋势,这正是本文研究思路。针对具体不同机制分解其对结构变化影响效应,本文致力于提供一种方法论基础。

本文余下部分的结构安排如下:第1部分是相关文献回顾;第2部分是模型框架与理论分析;第3部分是数据说明与参数估计;第4部分汇报了数值拟合和反事实分析结果;第5部分拓展了动态模型,进一步讨论动态一般均衡结果;第6部分为总结与政策启示。

1 相关文献回顾

2000年以后兴起的新一轮增长模型,在多部门动态一般均衡框架下解释Kaldor事实和Kuznets事实,形成多部门增长模型的标准研究范式。已有文献对产业结构变迁的动因及经济效应、结构变迁与经济增长理论研究、不同机制影响经济转型效应大小等研究进展进行了系统梳理(张建华和盛长文,2020;王弟海等,2021)。引起产业结构变迁的理论机制被分为效用驱动(需求视角)和技术驱动(供给视角)两类。效用驱动(Kongsamut et al., 2001)将经济结构变迁的动因归为收入变化和收入弹性异质性,形成“收入效应机制”(简称KRX模型);技术驱动(Ngai and Pissarides, 2007; Acemoglu and Guerrieri, 2008)将结构变迁动因归为相对价格变化和产品需求弹性异质性,形成“相对价格效应”。导

^① 虽有不同学者描述了关于中国产业结构(产值份额、就业份额)变迁的趋势特征,但对特征事实总结并未充分凝练中国独特、鲜明的特色和不同,更未揭示结构特征与经济增长来源之间的依存关系。自改革开放以来中国产业结构变迁趋势在相关文献中有描绘,在此不再重复,可参考徐朝阳和王韪(2021)图1。

致相对价格变化的技术驱动类型的成熟机制有两种:TFP增长率差异(简称NP模型)和要素密集度差异(简称AG模型),分别形成技术进步效应和资本深化效应。在国内文献中,王高望等(2018)修正KRX模型,引入工业品需求弹性大于1和劳动力市场摩擦因子,从需求侧视角解释了中国产业结构转型的成因、路径和速度。郭凯明等(2020)讨论了资本深化对结构转型和技能溢价的影响,其基准框架建立在AG模型的理论机制和标准研究范式上,得到由资本深化而引起的结构变迁对技能溢价的影响方向取决于产品替代弹性的结论。徐朝阳和王韡(2021)研究的基准框架是对NP模型的典型拓展,仅用Baumol效应单一机制讨论部门TFP技术进步速度差异来解释中国结构变迁非单调的特征。在此研究基础上,Alvarez-Cuadrado et al.(简称KNM模型,2017)观察美国1960—2010年历史经验数据发现,不同产业部门资本-劳动比例、要素份额结构及增长率存在差异,且随产业结构变迁而变化,形成由要素替代弹性异质性作用的“要素再平衡效应”以解释上述特征事实,构成第三种“技术驱动”引起结构变迁的新机制。郭凯明(2019)基于KNM模型,构建一般性框架,给出了人工智能影响结构转型与劳动收入份额的具体条件及作用机制,但不足之处在于量化部分所有参数值均采用设定或校准方法,仅限演绎理论框架的作用机理。

虽然Alvarez-Cuadrado et al.(2017)综合AG和NP模型将“要素再平衡效应”纳入理论机制,但由于中间产品技术进步表现为“外生”和“哈罗德中性”^①,而未考虑不同产业非中性技术进步与TFP增长率差异不利于对现实经济特征的挖掘和刻画,故存在进一步拓展空间。本文的研究同有偏技术进步解释中国经济结构与要素收入分配研究相关。王林辉和袁礼(2018)强调技术进步的作用,得到有偏技术进步影响要素技术效率推动产业结构变迁,进而影响劳动收入份额的结论。郭凯明和罗敏(2021)系统考察了有偏技术进步对产业结构转型和工资收入差距的影响,虽“研究要素”与“研究视角”与本文密切相关,但其研究的主要问题在于工资收入差距而非产业结构转型本身,并且产业分类是按高低技能进行划分,与本文存在本质区别。本文的研究还与要素替代弹性参数估计、技术进步偏向识别的研究密切相关。Klump et al.(2007)构建标准化供给面系统估计方法(SUR)为要素替代弹性估计奠定了方法论基础。目前国内研究关于要素替代弹性估计仍以静态识别为主(戴天仕和徐现祥,2010;陈晓玲和连玉君,2013;雷钦礼,2013;董直庆等,2015;郑猛,2016;封永刚等,2017)。郝枫和盛卫燕(2014)指出要素替代弹性存在显著的时变特征,表层参数与深层参数的复杂关系限制了动态识别有效性估计。封永刚和蒋雨彤(2021)系统比较了要素替代弹性的估计方法,尝试窗式动态估计思路以

① 要素增强型技术进步增长函数表现为:仅存在劳动增强型技术进步且技术进步增长率为常数。

期解决替代弹性动态识别难题,并指出非线性技术下窗式估计是实现动态估计唯一、最优的方法。但此方法明显仅是分割时间长度,缩短样本周期进行移动估计,并没有体现替代弹性深层参数的内生决定性质。故存在进一步跟进的空间。

因此,本文拓展了 Alvarez-Cuadrado et al. (2017) 建立的两部门动态一般均衡分析框架,在考虑要素替代弹性异质性、产品需求替代弹性非单位值基础上嵌入有偏技术进步,推演了要素替代弹性影响结构变迁的作用机理,结合中国 1984—2017 年宏观经济数据模拟展示了结构转型的特征,反事实分析识别主导机制及效用大小,从根本上厘清决定中国结构转型方向的前提条件、形成动因及传导路径。本文创新之处和边际贡献主要包括:

第一,深化了中国产业结构转型的成因分解研究,将结构转型与经济增长纳入统一理论框架。结合需求侧和供给侧两端共同作用,考虑相对价格效应、相对边际产出效应基础上纳入要素再平衡效应新机制,分析驱动要素流动和结构变迁作用机理及传导路径,反事实分析分解了技术进步、要素密集度与要素替代弹性异质性影响结构转型变化的作用大小。进一步讨论,依据中国结构转型特征参数,用动态模型证明了存在 CGP 路径,解释了中国农业与工业化转型进程与经济长期稳定的增长趋势。

第二,准确估计了中国总量经济、农业和非农业部门的要素替代弹性,并动态识别了加总要素替代弹性的变化特征。国内相关文献在量化部分多采用参数校准或参数设定方法进行数值模拟,而未利用中国经验数据估计“真实”参数,不利于反映中国经济结构转型的现实特征。鉴于目前这一研究不足,本文所做的补充工作在于:一是修正数据处理的细节设定,结合供给面标准化系统法,更准确地估计了中国整体经济和不同部门要素替代弹性及技术参数值;二是放松 Box-Cox 框架,变换多种不同要素效率增长率的组合形式并估计相应参数,依据数值模拟的拟合效果确定不同部门要素效率增进的形式;三是从需求侧层面估计农产品与非农产品的需求替代弹性参数 (Herrendorf et al., 2013),进一步突破要素替代弹性刚性不变的静态估计,实现了要素替代弹性的动态识别及变化机制分析。

2 模型框架与理论分析

本文构建一个多部门动态一般均衡模型,假定经济体由最终产品生产部门和两个中间产品生产部门构成,用下标 $i \in \{1, 2\}$ 区分。生产方面最终产品仅用于消费和投资,使用中间产品部门的产出作为中间投入,采用常替代弹性的 CES 生产技术进行生产:

$$Y_t = [\gamma Y_{1t}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} + (1-\gamma) Y_{2t}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (1)$$

其中, Y_t 表示最终产品数量, Y_{1t} 、 Y_{2t} 表示中间产品投入数量。参数 $\varepsilon \in [0, \infty)$ 为常数, 表示两个中间产品部门生产不同产品的需求替代弹性。分配参数 $\gamma \in (0, 1)$ 为常数。

中间产品生产部门投入资本和劳动, 由代表性企业采用常替代弹性生产技术进行生产:

$$Y_{it} = [\alpha_i K_{it}^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + (1-\alpha_i)(M_{it}L_{it})^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}}]^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}}, \quad i \in \{1, 2\} \quad (2)$$

其中, K_{it} 、 L_{it} 分别表示资本和劳动投入, M_{it} 表示劳动增进型技术进步。 $\sigma_i \in [0, \infty)$ 表示产业部门内资本和劳动要素替代弹性, 取值不等于单位值且在不同部门之间存在差异。要素分配参数 $\alpha_i \in (0, 1)$ 为常数。最终产品在完全竞争市场条件下, 面临 $P_1 Y_1 + P_2 Y_2 = PY$ 零利润生产约束条件(设定 $P=1$), 使其产出最大化得到中间产品的需求函数及相对价格分别为:

$$P_{1t} = \gamma \left(\frac{Y_{1t}}{Y_t} \right)^{-\frac{1}{\varepsilon}}, \quad P_{2t} = (1-\gamma) \left(\frac{Y_{2t}}{Y_t} \right)^{-\frac{1}{\varepsilon}} \quad (3)$$

$$\frac{P_{1t}}{P_{2t}} = \frac{\gamma}{1-\gamma} \left(\frac{Y_{1t}}{Y_{2t}} \right)^{-\frac{1}{\varepsilon}} \quad (4)$$

求解中间产品生产部门的利润最大化问题, 可以得到资本和劳动的相对需求分别为:

$$P_{1t} \alpha_1 \left(\frac{Y_{1t}}{K_{1t}} \right)^{\frac{1}{\sigma_1}} = P_{2t} \alpha_2 \left(\frac{Y_{2t}}{K_{2t}} \right)^{\frac{1}{\sigma_2}} = r_t \quad (5)$$

$$P_{1t} (1-\alpha_1) \left(\frac{Y_{1t}}{L_{1t}} \right)^{\frac{1}{\sigma_1}} M_{1t}^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} = P_{2t} (1-\alpha_2) \left(\frac{Y_{2t}}{L_{2t}} \right)^{\frac{1}{\sigma_2}} M_{2t}^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}} = w_t \quad (6)$$

其中, P_{1t} 、 P_{2t} 、 r_t 和 w_t 分别表示两种中间产品的价格、资本租金和劳动价格。在完全竞争的市场条件下, 产品市场和要素市场以一组均衡价格 $\{P_t, P_{1t}, P_{2t}, r_t, w_t\}$ 实现两种生产要素 K 和 L 在不同部门配置 $\{K_{1t}, K_{2t}, L_{1t}, L_{2t}\}$, 满足市场出清条件为 $K_t = K_{1t} + K_{2t}$, $L_t = L_{1t} + L_{2t}$, 家庭预算约束条件方程为 $Y_t = C_t + I_t = C_t + \dot{K}_t + \delta K_t$, 资本积累采用标准方程 $K_{t+1} = (1-\delta)K_t + I_t$ 。定义中间产品部门 1 所使用的资本和劳动比重、资本和劳动要素产出弹性分别为:

$$\tau = \frac{K_1}{K}, \quad \lambda = \frac{L_1}{L}; \quad \theta_1 = \frac{rK_1}{P_1 Y_1}, \quad 1 - \theta_1 = \frac{wL_1}{P_1 Y_1} \quad (7)$$

其中, 变量 τ 、 λ 的变化衡量了资本、劳动生产要素在两个生产部门的再配置过程和要素密集程度, 反映了产业结构变迁的过程。不失一般性, 假设 $\sigma_2 > \sigma_1$, 表示中间产品生产部门 2 的要素替代弹性更高。联立式(5)和式(6)变形, 可以得到:

$$CC \equiv \frac{1 - \alpha_1}{1 - \alpha_2} \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \frac{M_{1t}^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_2}} k^{\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\sigma_2}}}{M_{2t}^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}}} \frac{\tau^{\frac{1}{\sigma_1}}}{(1 - \tau)^{\frac{1}{\sigma_2}}} \frac{\lambda^{-\frac{1}{\sigma_1}}}{(1 - \lambda)^{-\frac{1}{\sigma_2}}} = 1 \quad (8)$$

$$LM \equiv \frac{\gamma}{1 - \gamma} \frac{1 - \alpha_1}{1 - \alpha_2} \left(\frac{Y_{1t}}{Y_{2t}} \right)^{-\frac{1}{\varepsilon}} \frac{(Y_{1t}/\lambda)^{\frac{1}{\sigma_1}}}{(Y_{2t}/(1 - \lambda))^{\frac{1}{\sigma_2}}} L^{\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\sigma_1}} \frac{M_{1t}^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_2}}}{M_{2t}^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}}} = 1 \quad (9)$$

给定资本、劳动和技术参数不变,式(8)和式(9)共同决定了均衡。其中,式(8)方程的左边称为“CC 曲线”,表示生产最有效率的要素组合满足 $MRTS_{LK}^1 = MRTS_{LK}^2$ 条件,称为生产的契约线(contract curve)。CC 曲线的斜率是下凹的(斜率为正),表示资本和劳动两种要素投入呈互补性。CC 曲线移动的方向与幅度取决于 $(\sigma_2 - \sigma_1)$ 之间的差异,当 $\sigma_2 > \sigma_1$ 时,资本深化使 CC 曲线向上移动。其背后的直观含义是,由于资本深化引起资本要素价格下降,调整灵活部门 2 倾向于使用更多的资本而减少劳动,欠灵活部门 1 则相应投入更多的劳动以互补平衡劳动相对成本的上升。

式(9)方程的左边称为“LM 曲线”,表示要素流动实现均衡配置必须满足 $P_1 MPL_1 = P_2 MPL_2$ 条件,称为劳动流动曲线(the labor mobility condition)。LM 曲线的斜率正负与移动方向涉及相对价格效应与相对边际产出效应相对权衡的过程。首先,相对价格效应决定 LM 曲线斜率的正负,必要条件是产品替代弹性不等于 1。当 $\sigma_1, \sigma_2 < \varepsilon$ 时,相对边际产出效应发挥主导作用使 LM 曲线下凹(斜率为正);当 $\sigma_1, \sigma_2 > \varepsilon$ 时,相对价格效应发挥主导作用使 LM 曲线下凸(斜率为负)。而相对边际产出效应决定 LM 曲线移动方向和幅度,必要条件是要素替代弹性、要素密集度存在部门差异。当 σ_i 越小、 θ_i 越大其效应越大,意味着相对边际产出效应更偏向于要素替代弹性低而产出弹性高的部门。其次,分析影响 LM 曲线移动方向的作用机制。一般地,当满足 $\left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_1 > \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_2$ 条件时,无论 LM 曲线斜率正负,资本深化或技术进步均使 LM 曲线向上移动,反之亦然。其背后的含义是,相对于部门 2,部门 1 相对边际产出效应大于相对价格效应,导致部门 1 要素相对成本和产品相对价格上升,推动生产要素跨部门流入部门 1 而使 LM 曲线向上移动。

最后,分析 CC 曲线和 LM 曲线共同移动对结构变迁的影响。CC 曲线移动引起部门内资本和劳动呈反方向变化,LM 曲线移动使部门要素投入比重同方向变化,当资本深化使 CC 曲线和 LM 曲线均向上移动时,资本-劳动要素配置结构最终取决于两条曲线移动的相对幅度大小。当 $g_{CC} > g_{LM}$,部门 1 劳动比重增加而资本比重下降;当 $g_{CC} < g_{LM}$,部门 1 劳动和资本比重同方向增加。其中,决

定 CC 曲线和 LM 曲线移动幅度的关键在于 $(\sigma_2 - \sigma_1)$ 与 $(\theta_2 - \theta_1)$ 之间的相对差异, 当 $(\sigma_2 - \sigma_1)$ 越大, 意味着 $(\theta_2 - \theta_1)$ 更大才能使 $g_{LM} > g_{CC}$ 。背后的含义是, 两部门要素替代弹性的差异是决定资本产出弹性大小差异的门槛值。不同参数取值下的 CC 曲线和 LM 曲线, 如图 1 所示。

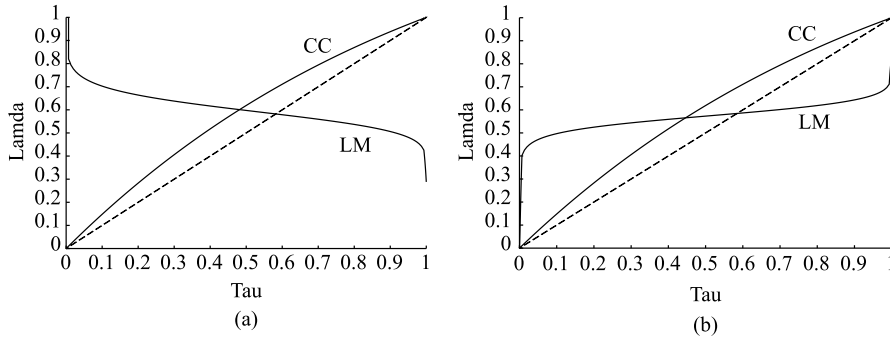


图1 CC 曲线和 LM 曲线

注: 按 Alvarez-Cuadrado et al. (2017) 参数取值, 设 $\gamma = 0.5$, $\sigma_1 = 1$, $\sigma_2 = 1.2$, $\alpha_1 = 0.3$, $\alpha_2 = 0.4$, $M_1 = M_2 = 1$, $k = 1$ 。虚线代表 45 线。本文进一步区分了 LM 曲线的斜率, 左图为 $\varepsilon < 1$ ($\varepsilon = 0.5$), 右图为 $\varepsilon > 1$ ($\varepsilon = 1.5$) 情形。

2.1 要素再平衡效应发挥“主导机制”

为了分析异质性要素替代弹性对产业结构变迁的内在作用机制, 作出假设 1: $\sigma_2 > \sigma_1 = 1$, $\alpha_2 = \alpha_1 = \alpha$ 且 $\varepsilon = 1$, 提出要素流动的方向由下列命题 1 决定:

$$\frac{d \ln \tau}{d \ln k} = - \frac{d \ln \tau}{d \ln M_2} = \frac{(1 - \sigma_2)}{\sigma_2 G(\tau) \tau} < 0 \quad (10)$$

$$\frac{d \ln \lambda}{d \ln k} = - \frac{d \ln \lambda}{d \ln M_2} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{\lambda}{\tau^2} \frac{\sigma_2 - 1}{\sigma_2 G(\tau)} > 0 \quad (11)$$

$$\frac{d \ln \tau}{d \ln M_1} = \frac{d \ln \lambda}{d \ln M_1} = 0 \quad (12)$$

其中, $G(\tau) \equiv \left[\frac{1}{\sigma_2(1-\lambda)} + \frac{1}{\lambda} \right] \left(\frac{\lambda}{\tau} \right)^2 \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right) + \left[\frac{1}{\tau} + \frac{1}{\sigma_2(1-\tau)} \right]$ 。当 $\sigma_2 < \sigma_1 = 1$ 时, 命题 1 的结论符号相反。

证明: 在假设 1 情形下, 整理式 (8) 和式 (9) 得到 CC 曲线和 LM 曲线的等价形式:

$$CC \equiv (k/M_2)^{\frac{1-\sigma_2}{\sigma_2}} = \frac{(1-\lambda)^{\frac{1}{\sigma_2}}}{\lambda} \frac{\tau}{(1-\tau)^{\frac{1}{\sigma_2}}} \quad (13)$$

$$LM \equiv \tau = (1 - \tau)^{\frac{1}{\sigma_2}} \left(\frac{\gamma}{1 - \gamma} \right) \left[(1 - \alpha)(1 - \lambda)^{\frac{\sigma_2 - 1}{\sigma_2}} \right] (k/M_2)^{\frac{1 - \sigma_2}{\sigma_2}} + \alpha(1 - \tau)^{\frac{\sigma_2 - 1}{\sigma_2}} \quad (14)$$

将式(14)LM 曲线进一步变形并代入式(13),可得部门 1 的就业比重为:

$$\lambda = \frac{\gamma(1 - \alpha)\tau}{\tau - \alpha\gamma} = \lambda(\tau, \gamma, \alpha) \quad (15)$$

方程式(15)表示 λ 是 $\{\tau, \gamma, \alpha\}$ 的隐函数,此含义至关重要,意味着部门 1 劳动密集程度由资本密集程度和分配参数决定。因此,对 λ 关于 τ 求偏导,可得:

$$\frac{d\lambda}{d\tau} = - \left(\frac{\lambda}{\tau} \right)^2 \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (16)$$

进一步地,将式(13)两边取对时间 t 求导,整理可得:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{1 - \sigma_2}{\sigma_2} \right) \left(\frac{dk}{k} - \frac{dM_2}{M_2} \right) \\ &= \left[\left(\frac{1}{\sigma_2} \cdot \frac{1}{1 - \lambda} + \frac{1}{\lambda} \right) \left(\frac{\lambda}{\tau} \right)^2 \frac{\alpha}{1 - \alpha} + \left(\frac{1}{\tau} + \frac{1}{\sigma_2} \cdot \frac{1}{1 - \lambda} \right) \right] d\tau \end{aligned} \quad (17)$$

$$\text{因此, } \frac{d\ln\tau}{d\ln k} = - \frac{d\ln\tau}{d\ln M_2} = - \frac{1 - \sigma_2}{\sigma_2 \cdot \left[\left(\frac{1}{\sigma_2} \cdot \frac{1}{1 - \lambda} + \frac{1}{\lambda} \right) \left(\frac{\lambda}{\tau} \right)^2 \frac{\alpha}{1 - \alpha} + \left(\frac{1}{\tau} + \frac{1}{\sigma_2} \cdot \frac{1}{1 - \lambda} \right) \right] \tau},$$

记 $G(\tau) \equiv \left[\frac{1}{\sigma_2(1 - \lambda)} + \frac{1}{\lambda} \right] \left(\frac{\lambda}{\tau} \right)^2 \left(\frac{\alpha}{1 - \alpha} \right) + \left[\frac{1}{\tau} + \frac{1}{\sigma_2(1 - \tau)} \right]$, 式(10)证毕。当 $\sigma_2 >$

1, 可推得 $\frac{d\ln\lambda}{d\ln k} = \frac{d\ln\lambda}{d\ln\tau} \frac{d\ln\tau}{d\ln k} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \frac{\lambda}{\tau^2} \frac{\sigma_2 - 1}{\sigma_2 G(\tau)}$, 式(11)证毕。从式(17)微分方程可

以看出 $\{d\tau, d\lambda\}$ 与 M_1 无关, 因此 $\frac{d\ln\tau}{d\ln M_1} = \frac{d\ln\lambda}{d\ln M_1} = 0$, 式(12)证毕。

命题 1 背后的经济含义是:要素配置与结构转型受要素再平衡效应这一新机制驱动。由于部门异质性要素替代弹性,资本深化使劳动要素相对成本上升,灵活部门 2 倾向于使用资本而减少劳动投入,使 CC 曲线向上移动,部门内要素投入结构呈反方向变化。由于参数取值满足 $\left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon} \right) \theta_1 > \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon} \right) \theta_2$ 条件,

具体为 $\frac{(1 - \sigma_2)}{\sigma_2} \theta_2 < 0$ 成立,使 LM 曲线向上移动。其内在含义是资本深化效应促使部门 2 生产扩张的同时,导致产品相对价格下降。当 $\sigma_2 > \varepsilon = 1$ 时,相对价格效应发挥主导作用机制促使劳动流向替代弹性较低的部门 1, LM 曲线斜率为负且向上移动,在此 $\alpha_2 = \alpha_1 = \alpha$, 满足条件 $\theta_1 - \theta_2 < \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon - \sigma_2} (1 - \theta_2)$ 条件,决定了 CC

曲线向上移动的幅度大于 LM 曲线, 产业结构转型的最终结果是部门 1 的资本占比下降而劳动占比上升。同样, 部门 2 要素增进型技术进步发挥的作用机制与传导路径与资本深化效应一致, 但作用结果相反。

2.2 相对价格效应发挥“主导机制”

为了分析异质性要素产出弹性对产业结构变迁的内在作用机制, 作出假设 2: $\sigma_2 = \sigma_1 = 1, \alpha_2 > \alpha_1$ 且 $\varepsilon < 1$, 提出要素流动的方向由下列命题 2 决定:

$$\frac{d\ln\tau}{d\ln k} = \frac{(1-\varepsilon)(\alpha_2 - \alpha_1)(1-\tau)}{1 + (1-\varepsilon)(\alpha_2 - \alpha_1)(\tau - \lambda)} > 0 \quad (18)$$

$$\frac{d\ln\lambda}{d\ln k} = \frac{d\ln\tau}{d\ln k} \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1} \frac{\lambda}{\tau} > 0 \quad (19)$$

$$\frac{d\ln\tau}{d\ln M_2} = -\frac{d\ln\tau}{d\ln M_1} \frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1} = \frac{(1-\varepsilon)(1-\tau)(1-\alpha_2)}{1 + (1-\varepsilon)(\alpha_2 - \alpha_1)(\tau - \lambda)} > 0 \quad (20)$$

$$\frac{d\ln\lambda}{d\ln M_2} = -\frac{d\ln\lambda}{d\ln M_1} \frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1} = \frac{d\ln\tau}{d\ln M_2} \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1} \frac{\lambda}{\tau} > 0 \quad (21)$$

其中, 当 $\varepsilon > 1$ 时, 命题 2 的结论符号相反。

证明: 在假设 2 情形下, 整理式(8)和式(9)得到 CC 曲线和 LM 曲线的等价形式:

$$CC \equiv \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1} \frac{\lambda}{1-\lambda} = \frac{\tau}{1-\tau} \quad (22)$$

$$LM \equiv \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right) \left(\frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1} \right) \left[k^{\alpha_1-\alpha_2} \cdot \frac{M_1^{1-\alpha_1}}{M_2^{1-\alpha_2}} \cdot \frac{\tau^{\alpha_1}}{(1-\tau)^{\alpha_2}} \frac{\lambda^{1-\alpha_1}}{(1-\lambda)^{1-\alpha_2}} (1-\tau)^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}} \right]^{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}} \\ = \frac{1-\lambda}{\lambda} \quad (23)$$

关于式(22)两边对时间 t 求导, 整理可得:

$$d\ln\lambda = \frac{1-\lambda}{1-\tau} d\ln\tau, \quad d\ln\left(\frac{1-\lambda}{1-\tau}\right) = \frac{\tau-\lambda}{1-\tau} d\ln\tau \quad (24)$$

将式(23)中任意变量 $\frac{z^{\alpha_1}}{(1-z)^{\alpha_2}}$ 变形为 $\left(\frac{z}{1-z}\right)^{\alpha_1} (1-z)^{\alpha_2-\alpha_1}$, 式(22)代入式(23)整理可得:

$$\left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right) \left(\frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1} \right) \left[k^{\alpha_1-\alpha_2} \cdot \frac{M_1^{1-\alpha_1}}{M_2^{1-\alpha_2}} \cdot \left(\frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1} \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \right)^{\alpha_1} \left(\frac{1-\lambda}{1-\tau} \right)^{\alpha_2-\alpha_1} \right]^{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}} \\ = \left(\frac{1-\lambda}{\lambda} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}} \quad (25)$$

方程两端同乘幂 $\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}$, 再关于两边对时间 t 求导, 整理可得:

$$\begin{aligned} & [(1-\varepsilon)(1-\tau)][(\alpha_2-\alpha_1)d\ln k - (1-\alpha_1)d\ln M_1 + (1-\alpha_2)d\ln M_2] \\ & = [1 + (1-\varepsilon)(\alpha_2-\alpha_1)(\tau-\lambda)]d\ln \tau \end{aligned} \quad (26)$$

其中, $d\ln \tau$ 关于 $\{d\ln k, d\ln M_1, d\ln M_2\}$ 分别求偏导, 可得结论式 (18) 和式 (20), 证毕。

根据式 (22) CC 曲线变形及式 (25) 结论, 推导 $\frac{d\ln \lambda}{d\ln k} = \frac{d\ln \lambda}{d\ln \tau} \frac{d\ln \tau}{d\ln k} = \frac{1-\lambda}{1-\tau} \frac{d\ln \tau}{d\ln k} = \frac{\alpha_1 1-\alpha_2}{\alpha_2 1-\alpha_1} \frac{\lambda}{\tau} \frac{d\ln \tau}{d\ln k}$, 式 (19) 证毕。同样的思路, 可以证明式 (21) 结论。

命题 2 背后的经济含义是: 要素流动与结构转型的经济机制是要素密集度差异产生的相对价格效应。由于要素替代弹性等于单位值, CC 曲线因要素再平衡效应失效而固定不变。但部门间资本密集度存在差异, 由于参数取值满足 $\left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_1 > \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_2$ 条件, 具体为 $\alpha_1 > \alpha_2$, 使 LM 曲线斜率为负且向上移动。其内在含义是深化效应使资本产出弹性较高的部门 2 生产扩张快于部门 1, 当 $\varepsilon < 1$ 时, 相对价格效应使部门发挥主导机制使部门 2 成为要素净流出部门, 导致部门 1 资本和劳动占比同时上升, 反之亦然。同样地, 要素增进型技术进步发挥作用机制及作用结果, 与资本深化效应是同方向一致的。

2.3 技术进步发挥“主导机制”

为了分析技术进步增长差异对产业结构变迁的内在作用机制, 作出假设 3: $\sigma_2 = \sigma_1 = 1, \alpha_2 = \alpha_1 = \alpha$ 且 $\varepsilon < 1$, 存在 $\frac{\dot{M}_1}{M_1} \neq \frac{\dot{M}_2}{M_2} \neq 0$, 提出要素流动的方向由下式决定的命题 3:

$$\frac{d\ln \tau}{d\ln k} = \frac{d\ln \lambda}{d\ln k} = 0 \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\ln \lambda}{d\ln M_2} &= \frac{d\ln \tau}{d\ln M_2} = -\frac{d\ln \lambda}{d\ln M_1} \frac{M_2}{M_1} \\ &= -\frac{d\ln \tau}{d\ln M_1} \frac{M_2}{M_1} = \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^\varepsilon (1-\alpha)(1-\varepsilon) \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^{(1-\alpha)(\varepsilon-1)} \lambda > 0 \end{aligned} \quad (28)$$

其中, 当 $\varepsilon > 1$ 时, 命题 3 的结论符号相反。

证明: 在假设 3 情形下, 整理式 (8) 和式 (9) 得到 CC 曲线和 LM 曲线的等价形式:

$$CC \equiv \frac{\lambda}{1-\lambda} = \frac{\tau}{1-\tau} \quad (29)$$

$$LM \equiv \left[1 + \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^\varepsilon \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{(1-\alpha)(\varepsilon-1)} \right]^{-1} = \lambda \quad (30)$$

观察 CC 曲线与 LM 曲线刻画的要素配置结构, 仅是扩展型技术进步的函数, 与资本存量无关, 故 $\frac{d\ln\tau}{d\ln k} = \frac{d\ln\lambda}{d\ln k} = 0$ 。分别关于式 (29) 和式 (30) 两边对时间 t 求导, 整理可得:

$$d\ln\tau = \frac{1-\tau}{1-\lambda} d\ln\lambda \quad (31)$$

$$\frac{d\ln\lambda}{dM_2} = - \frac{(1-\alpha)(\varepsilon-1) \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^\varepsilon \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{(1-\alpha)(\varepsilon-1)-1} \frac{1}{M_1}}{1 + \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^\varepsilon \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{(1-\alpha)(\varepsilon-1)}} \quad (32)$$

进一步变形式 (32) 可推得式 (28) 部分结论:

$$\begin{aligned} \frac{d\ln\lambda}{d\ln M_2} &= - \frac{(1-\alpha)(\varepsilon-1) \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^\varepsilon \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{(1-\alpha)(\varepsilon-1)-1} \frac{M_2}{M_1}}{1 + \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^\varepsilon \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{(1-\alpha)(\varepsilon-1)}} \\ &= (1-\alpha)(1-\varepsilon) \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^\varepsilon \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{(1-\alpha)(\varepsilon-1)} \lambda \end{aligned} \quad (33)$$

因为 $\sigma_2 = \sigma_1 = 1$ 且 $\alpha_2 = \alpha_1 = \alpha$, 故 $\lambda = \tau$, $\frac{1-\lambda}{1-\tau} = 1$ 。推导 $\frac{d\ln\tau}{d\ln M_2} = \frac{d\ln\tau}{d\ln\lambda} \frac{d\ln\lambda}{d\ln M_2} = \frac{1-\tau}{1-\lambda} \frac{d\ln\lambda}{d\ln M_2} = \frac{d\ln\lambda}{d\ln M_2}$, 可知 $\frac{d\ln\lambda}{d\ln M_2} = (1-\alpha)(1-\varepsilon) \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^\varepsilon \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{(1-\alpha)(\varepsilon-1)} \lambda$ 。从式 (30) LM 曲线观察发现, M_1 与 M_2 作用机制具有对称性, 差异之处在于符号相反。

命题 3 背后的经济含义是: 要素流动与结构转型的经济机制是 TFP 增长率差异产生的相对价格效应。当 $\sigma_2 = \sigma_1 = 1, \alpha_2 = \alpha_1 = \alpha$ 时, 要素再平衡效应失效且 CC 曲线与 45° 线重合, 各部门资本-劳动最优配比与总量经济相等。由于参数取值不满足件 $\left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon} \right) \theta_1 > \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon} \right) \theta_2$, 具体为 $\left(\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \right) \alpha = \left(\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \right) \alpha$ 左右恒等, 意味着资本深化或不同部门技术进步同比例增长均不会引起 LM 曲线移动。而仅有 $\frac{\dot{M}_2}{M_2} \neq \frac{\dot{M}_1}{M_1} \neq 0$ TFP 增速差异是引起要素流动的唯一动因。其内在含义是, 部门 2 以相对更快的要素增进型技术进步使部门 2 生产扩张, 当 $\varepsilon < 1$ 时, 相对价格效应发挥主导作用机制使技术进步较快部门的资本、劳动比重下降, 使 LM 曲线斜率为负且向上移动。

2.4 结构转型的一般作用机理和成因逻辑

从供给侧和需求侧两个方面总结归纳结构转型的作用条件和成因逻辑的更一般形式,总结归纳命题 1~命题 3 的相应结论,以期理顺产业结构变迁的动因、效应及内在作用机理。

证明:假设在 τ 不变情形下,求解资本存量增长所引起的 CC 曲线劳动比重 λ 变化,式(8)两边对时间 t 求导,对任意变量 Z ,满足 $d\log(1-Z) = \frac{-Z}{1-Z}d\log Z$, $g(z)$ 表示增长率,整理可得:

$$\left(\frac{1}{\sigma_1} + \frac{\lambda}{\sigma_2(1-\lambda)}\right) d\ln\lambda = \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\sigma_1}\right) d\ln k \quad (34)$$

$$g(\lambda_{cc}) = \frac{\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\sigma_1}}{\frac{1}{\sigma_1} + \frac{\lambda}{\sigma_2(1-\lambda)}} g(k) \quad (35)$$

进一步求解资本存量增长所引起 LM 曲线劳动比重 λ 的变化,式(9)两边对时间 t 求导,利用任意部门产出 $d\log Y_s = (1-\theta_s)d\log(M_s L_s) + \theta_s d\log K_s$,整理可得:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\theta_1}{\sigma_1} + \frac{\theta_2 \lambda}{\sigma_2(1-\lambda)}\right] d\ln\lambda + \frac{1}{\varepsilon} \left[(1-\theta_1) + \frac{(1-\theta_2)\lambda}{1-\lambda}\right] d\ln\lambda \\ &= \left[\left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}\right) \theta_1 - \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon}\right) \theta_2\right] d\ln k \end{aligned} \quad (36)$$

进一步化简合并, $g(z)$ 表示增长率,整理可得:

$$g(\lambda_{LM}) = \frac{\left[\left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}\right) \theta_1 - \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon}\right) \theta_2\right]}{\frac{\theta_1}{\sigma_1} + \frac{\theta_2 \lambda}{\sigma_2(1-\lambda)} + \frac{1}{\varepsilon} \left[(1-\theta_1) + \frac{(1-\theta_2)\lambda}{1-\lambda}\right]} g(k) \quad (37)$$

由于要素异质性替代弹性条件下资本深化或技术进步引起的相对价格效应、相对边际产出效应的大小差异决定了 CC 曲线和 LM 曲线向上或向下移动及幅度。从表现形式看,异质性要素替代弹性、资本深化和技术进步共同引起的相对价格变化具有一致性,但从作用渠道来看,背后的作用机理完全不同。产业结构变迁由要素再平衡效应、相对价格效应和相对边际产出效应共同推动,经济结构变化因不同机制发挥主导作用而呈不同的特征事实。要素再平衡效应和相对边际产出效应动力大小依赖于要素替代弹性,前者偏向要素替代性,后者偏向要素互补性,决定了部门内部要素投入结构;而相对价格效应取决于产品需求替代弹性,决定了部门间要素流动的方向和要素配置结构。图 2 刻画了参数设定不同情形下资本深化效应所引起的资本-劳动要素配置结构变化,分别

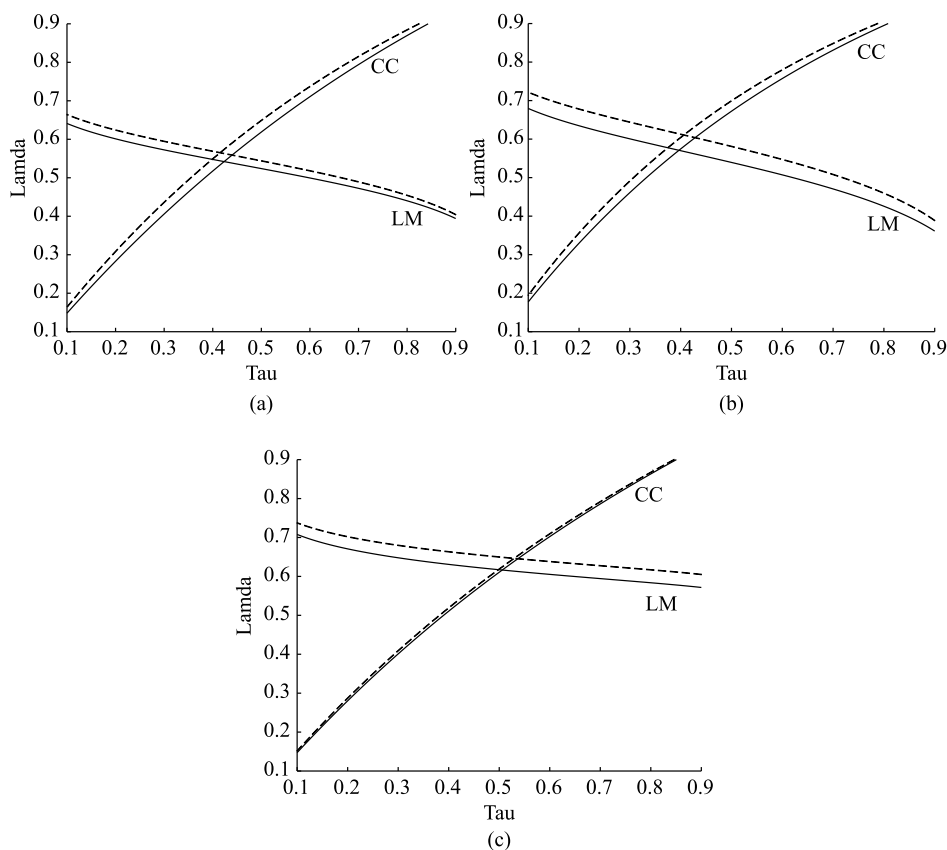


图2 资本深化效应下资本-劳动要素配置结构变化

注：(a) 图基准模型参数取值与图1一致， $\gamma=0.5$ ， $\varepsilon=0.5$ ， $\sigma_1=1$ ， $\sigma_2=1.2$ ， $\alpha_1=0.3$ ， $\alpha_2=0.4$ ， $M_1=M_2=1$ ；
(b) 图参数差异： $\alpha_2=0.5$ ；(c) 图参数差异： $\sigma_2=1.05$ 。实线：人均资本 $k=1$ ；虚线：人均资本 $k=2$ 。

是要素再平衡效应、要素密集度效应、相对价格效应发挥主导机制时决定了要素流动和结构转型的方向。

3 数据说明与参数估计

3.1 数据说明

本文将第一产业划分为农业，将第二产业与第三产业合并划分为非农产业，选择1984—2017年^①为样本区间分别核算三次产业基础数据。数据来源于

^① 为了与KLEMS数据基期保持一致，数据选取1980年作为起始点，但由于1980—1982年国民经济各行业基本建设投资中缺失“采掘业；电力、煤气及水的生产和供应业；社会服务业；卫生、体育和社会福利业；其他行业”原始数据，故样本区间从1984年开始。

历年《中国统计年鉴》《中国固定资产投资统计年鉴》《中国房地产统计年鉴》和 WORLD KLEMS 提供的中国 1981—2010 年历年投入产出表。

1) 产业增加值

本文采用生产法核算国内生产总值及其三次产业增加值构成。利用当年价 GDP 和不变价 GDP 数据计算得到 1984 年为基期的 GDP 平减指数。

2) 产业资本投入的估算

本文三次产业资本存量估计是建立在细分行业系统估算的基础上,分行业资本存量估算难点处理与永续盘相关细节设定说明如下:

(1) 针对 1984—1995、1999—2001 年分行业固定资产投资数据未统计的问题。参照田友春(2016)分行业资本存量估算方法,按照 1996、1997 年基本建设和更新改造投资之和占全国固定资产投资分行业比例(几何平均数),去除 1995 年细分行业基本建设与更新改造投资之和得到 1995 年分行业全社会固定资产投资,依次递推得到 1984—1994 年分行业投资数据。进一步加总各分行业投资数据与《中国固定资产投资统计年鉴》中的总量数据对比调整“高估”部分。其中,1999—2001 年中间年份缺失值依据 1998、2002 年数据按线性插值法补齐。

(2) 样本区间 1984—2017 年存在行业分类不一致问题。将 1984—2002 年 16 个细分行业(按照 GB/T 4754-94 分类)和 2004—2017 年 19 个细分行业(按照 GB/T 4754-02 分类)先调整为 2002 年行业分类,再参照 CIP 标准调整合并为统一的 14 个行业^①。

(3) 永续盘存法中的投资额选取与估算方法。本文选择支出法 GDP 资本形成中的固定资本形成作为投资数据(朱天等,2017),参考孙琳琳和任若恩(2014)、许宪春(2020)分行业固定资本形成数据计算方法。先得到分行业固定资本形成第一次调整数据,进一步按照第一次调整的各行业投资结构比例拆分“高估部分”调整量,分摊到各行业为第二次调整最终结果,即为 1984—2017 各行业固定资本形成额,亦为永续盘存法中的投资额。在此,固定资产投资价格指数选取采用孙琳琳和任若恩(2014)、许宪春(2020)的方法。

(4) 异质性折旧率计算方法与细节处理。参考田友春(2016)利用投入产出表折旧估算率方法,选择 2002、2007 年相邻投入产出表和迭代公式,用 EXCEL 中的“模拟分析-单变量求解”可解得递推公式一元五次方程中的折旧率,分行业折旧率求解结果在表 1 中汇报。

3) 产业劳动投入

1984—2010 年三次产业就业人员数采用 WORLD KLEMS 中国分行业合并

^① 农、林、牧、渔业,采矿业,制造业,电力、燃气及水的生产和供应业,建筑业,交通运输、仓储和邮政通信业,批发、零售、贸易和餐饮业,金融业,房地产业,租赁、科学、技术和商务服务业,教育、文化、体育和娱乐业,卫生和社会工作,政府机关水利、环境与其他服务业。

劳动投入数据,2011—2017 年缺失数据利用《中国统计年鉴》劳动投入增长率推算可得。

4) 产业要素收入份额与要素价格

细节设定如下:

(1) 测算资本收入份额。总体思路是:利用逢 0、2、5、7 年份投入产出表和延长表中的分行业资本报酬除以分行业增加值得到分行业资本收入份额系数基础上,用插值法和外推法估算未公布年份的系数值,再利用资本收入份额系数乘以各年份行业增加值,得到 1984—2017 年资本报酬时间序列值。但是官方分行业增加值自 2004 年以后开始公布,对于 1984—2003 年分行业增加值补充来源于 WORLD KLEMS 投入产出表,并将其按照 CIP 行业分类的 37 个行业合并调整为与本文行业分类一致的 14 个行业。

(2) 测算劳动收入份额。相应的分行业劳动报酬为分行业增加值减去资本报酬,劳动收入份额为 1 减去资本收入份额。

(3) 将 14 个分行业增加值、资本报酬和劳动报酬分类加总得到三次产业数据,三次产业资本价格与劳动价格分别由平减后的资本报酬和劳动报酬除以各产业资本投入和劳动投入计算得到。

表 1 迭代法估计 14 个行业折旧率的结果

行业	农、林牧、渔业	采矿业	制造业	电气水供应业	建筑业	交通运输	金融业	房地产业
折旧率	0.0973	0.0687	0.0720	0.01317	0.0811	0.0298	0.3339	0.0478
行业	租赁和商务服务	教育	卫生社会保障	公共管理、社会保障和组织	水利、环境和其他服务业			
折旧率	0.02077	0.0275	0.0861	0.0278	0.0149			

3.2 供给侧参数估计

参照 Klump et al. (2007) 构建标准化供给面系统,采用似不相关估计 (NLSUR) 方法,对如下式 (38) 标准化供给面系统方程中关键参数进行估计。

$$\begin{aligned} \log\left(\frac{Y_{it}}{\bar{Y}_i}\right) &= \log(\xi_i) + \frac{\sigma_i - 1}{\sigma_i} \log\left[\bar{\pi}_i \left(\frac{e^{g_{ik}(t,t_0)} K_{it}}{\bar{K}_i}\right)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + (1 - \bar{\pi}_i) \left(\frac{e^{g_{il}(t,t_0)} L_{it}}{\bar{L}_i}\right)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}}\right] + \nu_{yit} \\ \log(r_{it}) &= \log\left(\frac{\bar{\pi}_i}{1 + \mu_i} \frac{\bar{Y}_i \xi_i}{\bar{K}_i}\right) + \frac{1}{\sigma_i} \log\left(\frac{Y_{it} / \bar{Y}_i \xi_i}{K_{it} / \bar{K}_i}\right) + \frac{\sigma_i - 1}{\sigma_i} g_{ik}(t, t_0) + \nu_{kit} \\ \log(w_{it}) &= \log\left(\frac{(1 - \bar{\pi}_i)}{1 + \mu_i} \frac{\xi_i}{\bar{L}_i}\right) + \frac{1}{\sigma_i} \log\left(\frac{Y_{it} / \bar{Y}_i \xi_i}{L_{it} / \bar{L}_i}\right) + \frac{\sigma_i - 1}{\sigma_i} g_{il}(t, t_0) + \nu_{lit} \end{aligned} \quad (38)$$

其中, μ_i 反映市场价格加成,取 $\{\bar{Y}_i, \bar{K}_i, \bar{L}_i\}$ 几何平均数设定实际产出、资本和劳动的标准化基准点值,取 $\{\bar{\pi}_i, \bar{t}\}$ 算数平均数设定资本收入份额和时间基准点。

依据 Box-Cox 一般可变框架形式设定 $g_{ij}(t, t_0) = \frac{\gamma_{ij} t_0}{\lambda_{ij}} \left[\left(\frac{t}{t_0} \right)^{\lambda_{ij}} - 1 \right], j = k, l$, 参数 $\gamma_{ij}, \lambda_{ij}$ 分别表示要素技术进步的增长参数和技术曲率。一般情形下, $\gamma_{ij} \geq 0$ 意味着要素技术进步是非退步的, 关键在于 λ_{ij} 取值决定不同形式的要素效率。当 $\lambda_{ij} = 1 (\lambda_{ij} > 1 \text{ 或 } 0 < \lambda_{ij} < 1, \lambda_{ij} = 0)$ 时, 要素效率增长率相应转化为线性(指数递增或递减形, 对数形)不同增长形式, 由此对应的标准化技术进步表达式分别为: $g_{ij}(t, t_0) = \gamma_{ij}(t - t_0), g_{ij}(t, t_0) = \frac{\gamma_{ij} t_0}{\lambda_{ij}} \left[\left(\frac{t}{t_0} \right)^{\lambda_{ij}} - 1 \right], g_{ij}(t, t_0) = t_0 \gamma_{ij} \ln \left(\frac{t}{t_0} \right), j = k, l$ 。本文放松以往研究在 Box-Cox 可变框架形式下将要素增强型技术进步形式设为不变或指数形特定形式, 而是变换不同技术进步形式的组合并估计要素效率在不同增长形式下参数取值, 比较数值拟合情况采纳“真实”形式。表 2 汇报了最优拟合效果下的参数估计值。

表 2 标准供给面系统方法下的要素替代弹性及其他参数估计结果

	$\bar{\pi}_s$	μ_s	ξ_s	σ_s	γ_{sk}	λ_{sk}	γ_{sl}	λ_{sl}
总体经济	0.4338 *** (0.0058)	0.0041 *** (0.0007)	0.9934 *** (0.0080)	0.5803 *** (0.0068)	-0.0260 *** (0.0017)	—	0.0879 *** (0.0016)	0.9384 *** (0.0341)
农业	0.0796 *** (0.0027)	0.0039 *** (0.0014)	0.8360 *** (0.0092)	0.6028 *** (0.0106)	-0.5453 *** (0.0668)	—	0.0503 *** (0.0009)	1.7051 *** (0.0699)
非农业	0.5360 *** (0.0094)	-0.0363 *** (0.0047)	1.0412 *** (0.0113)	0.6661 *** (0.0334)	0.0038 (0.0041)	0.5184 (1.8358)	0.0635 *** (0.0043)	0.5279 *** (0.1246)

注: 括号内报告标准误 Std. Err.; *** 表示在 1% 的置信水平显著。

分析表 2 参数估计结果。中国总体经济替代弹性为 0.5803, 反映要素之间呈互补性, 与戴天仕和徐现祥(2010)估计结果一致。中国各产业部门要素替代弹性均小于 1, 农业部门要素替代弹性为 0.6028 小于非农业部门 0.6661。进一步判断不同部门要素增进型技术进步的形式, 结果发现: 农业呈劳动指数形、资本对数形增进, 非农产业呈劳动指数形增进、资本无效率增进的形式, 整体经济技术进步更偏向劳动指数、资本线性形的技术增进形式。

3.3 需求侧参数估计

从需求侧将最终产品生产投入的中间品转为消费、投资最终需求, 参照 Herrendorf et al. (2021) 将式(1)扩展为不同部门构成非位似效用函数 $Y_t = [\omega_a (Y_{at} + \bar{a})^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} + \omega_n Y_{nt}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}}]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$, 根据家庭预算约束条件和静态最优条件推得两部门产出的相对需求结构满足:

$$\frac{p_{at}Y_{at}}{p_{nt}Y_{nt}} = \frac{\omega_a}{\omega_n} \left(\frac{p_{at}}{p_{nt}} \right)^{1-\varepsilon} - \frac{p_{at}\bar{a}}{p_{nt}Y_{nt}} \quad (39)$$

其中,非位似部分 $\bar{a}$ 体现了恩格尔效应, $\bar{a} < 0$ 意味着农业部门的产品需求收入弹性小于 1。将式 (39) 作为需求侧偏好参数估计方程,仍选用似不相关回归 (NLSUR) 方法,系统估计不同部门需求替代弹性 ε 、非位似偏好 $\bar{a}$ 和权重参数 $\{\omega_a, \omega_n\}$ 。估计结果如表 3 所示。

表 3 需求侧模型参数估计结果

$\varepsilon = \exp(b_0)$, $w_a = \frac{1}{1+e^{b_1}}$, $w_n = \frac{e^{b_1}}{1+e^{b_1}}$		转化方程			需求侧模型		
参数值	b_0	b_1	$\bar{a}$	ε	w_a	w_n	RMES
0.3242 ***	2.3194 ***	-1975.9700 ***	1.3819 ***	0.0895 ***	0.0911 ***	0.0148	

注:*** 表示在 1% 的置信水平显著;由于函数非线性采用迭代法对 $\{b_0, b_1\}$ 进行估计,表 3 汇报的 NLSUR 似不相关估计结果为通过转化方程计算的弹性和分配参数,故在此不再汇报标准误。

3.4 加总要素替代弹性的估计

本文借鉴 Miyagiwa and Papageorgiou (2007) 在多部门动态一般均衡框架下估计 AES 理论模型,可以证明估计要素替代弹性的参数表达式为^①:

$$\sigma_t = \gamma_{0t}\varepsilon + \gamma_{1t}\sigma_1 + \gamma_{2t}\sigma_2 \quad (40)$$

其中, γ_{0t} 、 γ_{1t} 和 γ_{2t} 均为权数,分别为 $\gamma_{1t} = \lambda_t\theta_{1t} + \tau_t(1-\theta_{1t})$, $\gamma_{2t} = (1-\lambda_t)\theta_{2t} + (1-\tau_t)(1-\theta_{2t})$, $\gamma_{0t} = (\theta_{2t}-\theta_{1t})(\lambda_t-\tau_t)$ 。观察式 (40) 背后的经济机制:一是要素替代弹性是产品需求替代弹性与各部门要素替代弹性的加权平均,弹性参数值均是外生的;二是加总要素替代弹性与各产业部门要素配置结构及要素收入份额有关,结构参数均是内生的。利用中国宏观经济数据可得结构数据,与表 2、表 3 估计得到的弹性参数值相结合,进一步计算中国加总要素替代弹性时变参数,估计结果如图 3 所示。

如图 3 所示,中国加总要素替代弹性从 1984 年的 0.8292 呈波动下降至 2017 年的 0.7373。由于中国农业部门资本存量投入占比与资本收入份额数值

① 证明过程见附录。需要指出的是,MP 框架下动态识别实现了要素替代弹性满足深层参数估计内生性关联性,且具有一致性。但其模型推导中发现,此处要素替代弹性是希克斯中性技术进步下界定的,忽略了要素增强系数。如何在有偏技术进步视角下动态识别要素替代弹性,需对其理论模型进一步拓展研究。

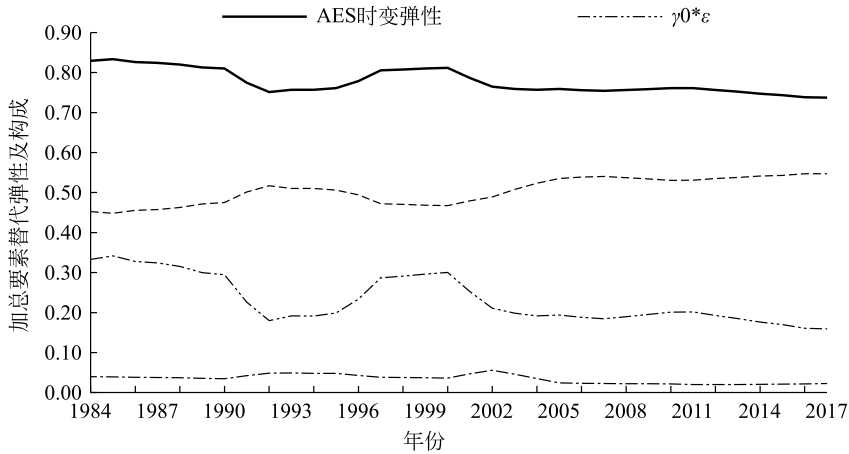


图3 加总要素替代弹性的动态估计与成因分解

非常小,加总要素替代可近似等于 $\sigma = \theta_2 \lambda \varepsilon + (1 - \lambda) \theta_2 \sigma_2$, ($\tau \approx 0, \theta_1 \approx 0$)。图3进一步将加总要素弹性构成分解描绘,发现要素替代弹性变化的趋势与加权产品替代弹性一致, $\gamma_0 \varepsilon$ 是决定要素替代弹性大小变化的主要力量;而加权非农业部门要素替代弹性 $\gamma_2 \sigma_2$ 整体呈上升趋势,说明要素替代弹性同资本积累、技术进步均是促进非农业部门发展的动力。与发达国家农业要素替代弹性大于1呈替代性实证结论 (Herrendorf et al., 2021) 相反,中国农业部门要素替代弹性小于1是要素替代弹性在2002年后呈下降趋势的成因。中国自2002年开始农村劳动力转移速度显著加快,但要素互补性使农业资本深化速度及要素密集度均显著低于非农业部门,使农业劳动投入占比下降未得到资本收入份额或资本密集度反向调节,导致加总要素替代弹性呈下降趋势。

4 数值模拟与反事实分析

4.1 数值模拟

参照 Herrendorf et al. (2015) 将要素增强型技术进步率设为 $A_{ik,t} = \frac{Y_{i0} e^{g_{ik}(t,t_0)}}{K_{i0}}$, $A_{il,t} = \frac{Y_{i0} e^{g_{il}(t,t_0)}}{L_{i0}}$, 最终产品生产函数可重新变形为 $Y_{it} = [\pi_{i0} (A_{ik,t} K_{it})^{\frac{\sigma_i - 1}{\sigma_i}} + (1 - \pi_{i0}) (A_{il,t} L_{it})^{\frac{\sigma_i - 1}{\sigma_i}}]^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i - 1}}$, $i \in \{a, n\}$ 。根据要素最优配置一阶条件和适当变形,得到产业结构变迁中部门劳动投入规模如下:

$$L_{it} = \left[\pi_{i0} \left(\frac{1 - \pi_{i0}}{\pi_{i0}} \frac{A_{il,t} r_{it}}{A_{ik,t} w_{it}} \right)^{1 - \sigma_i} + (1 - \pi_{i0}) \right]^{\frac{\sigma_i}{1 - \sigma_i}} \frac{Y_{it}}{A_{il,t}}, \quad i \in \{a, n\} \quad (41)$$

进一步利用式(41)计算整体经济、农业和非农业劳动投入规模模拟值,再计算不同部门就业比重模拟值,与实际数据结合捕捉中国产业结构变迁过程,数值模拟结果如图 4 所示。

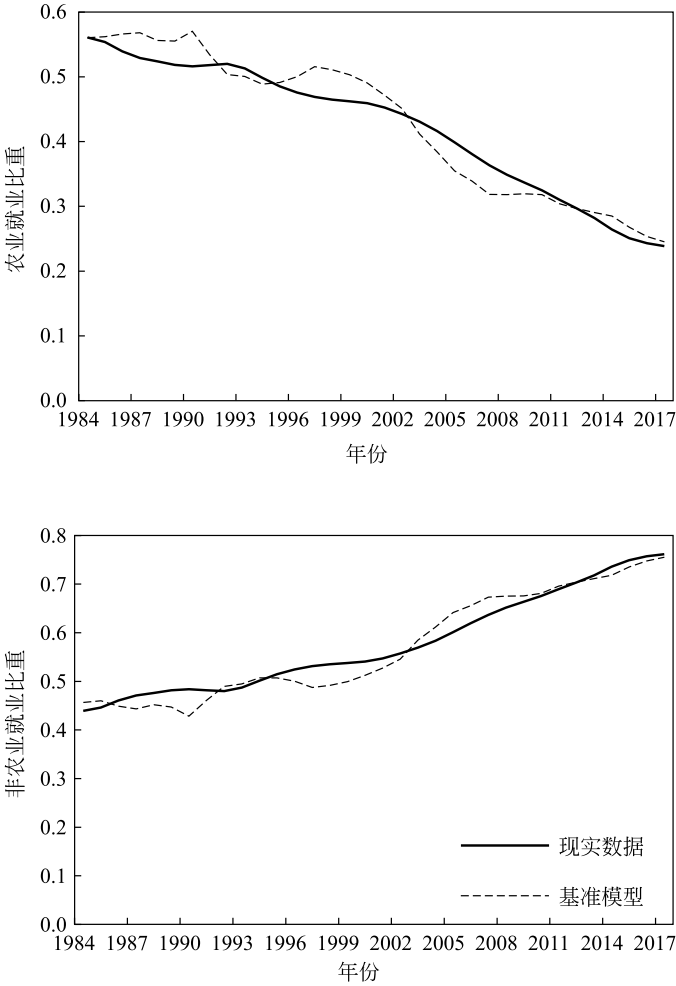


图 4 产业结构转型过程:基准模型

结合参数估计值大小量化理论模型分析中 CC 曲线和 LM 曲线生成的不同效应,寻找决定中国现实经济中产业结构转型的主导机制。首先,分析 CC 曲线的作用大小和变化幅度。由于农业和非农业部门要素替代弹性小于 1,决定 CC 曲线要素再平衡效应较小,中国工业增长资本积累引致非农业部门更密集地使用资本,在资本配置比例既定的情形下,要素再平衡效应发挥作用使农业部门 CC 曲线向上移动和劳动投入比例相对增加,但移动幅度较小;其次,分析 LM 曲线的方向、作用大小和变化幅度。在工业化发展历程中,资本积累、劳动技能和

技术进步等引起非农业部门产品相对价格下降,由于农业与非农部门之间产品替代弹性 $\varepsilon > 1$ 而要素替代弹性 $\sigma < 1$,意味着负向相对价格效应 $(Y_i)^{-\frac{1}{\varepsilon}}$ 的力量小于正向相对边际产出效应 $(Y_i)^{\frac{1}{\sigma}}$,减弱相对价格效应使相对边际产出效应成为主导机制,引致要素边际产出随产出增加而增加,最终使非农业部门成为要素流入部门;最后,分析 CC 曲线和 LM 曲线共同作用的结果。农业部门 LM 曲线向上倾斜,基于参数估计值比较发现条件 $\left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_1 > \left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\varepsilon}\right)\theta_2$ 成立,决定非农业产业的供给有利因素使农业部门 LM 曲线会向下移动,且 LM 曲线向下移动的幅度大于 CC 曲线向上移动的幅度,共同作用导致农业部门劳动和资本要素投入均下降,最终决定农业部门成为要素净流出部门。上述效应分析解释了图 4 非农业部门就业比重呈持续增长的变迁过程,而农业部门就业比重呈不断下降的趋势。结合中国现实经济,受制于农业较低的要素替代弹性,促使“剩余”劳动力由农业部门向非农部门转移发挥主导作用,尤其是 1992 年以后户籍制度改革、城乡劳动力自由流动和劳动力市场一体化改革,使农业劳动力呈不断下降趋势。中国工业化发展和资本积累的深化过程,提高了资本密集型工业部门的产出使相对价格下降,相对价格效应、要素再平衡效应和相对边际产出效应,均有利于要素投入进一步流向非农业部门。

4.2 反事实分析

这里使用两类反事实模拟方法^①。为了评估要素密集度的影响,模拟结果如图 5 所示。在要素产出弹性同质化情境下,相对于基准模型,农业就业比重平均下降 12.03 个百分点,非农业就业比重同比上升 12.03 个百分点。中国分散化小农生产方式使农业发挥劳动力“蓄水池”作用,使其劳动密集程度和劳动收入份额远高于非农业部门,农业资本密集度增加诱致农业劳动占比下降。非农业部门就业比重提升意味着资本密集程度下降使其相应增加劳动投入。相比于要素产出弹性恒定于 1984 年水平情境,影响方向一致但影响程度相对有限,说明产业间要素密集度差异显著大于产业内部要素密集度变化。图 5 的政策含义是加快农业现代化进程,释放农业劳动向非农产业转移,有助于增加劳动供给和劳动收入份额的增加。

为了评估技术进步的影响,模拟结果如图 6 所示。将两个部门要素效率增长率分别按整体经济和部门要素效率增长率平均值设定。可以看到,由于整体

^① 第一类模拟环境设定部门要素产出弹性、要素替代弹性与整体经济经济参数取值相同,要素效率增长率与 1984—2017 年整体经济技术进步增速相同;第二类模拟环境将要素替代产出弹性保持在 1984 年水平,要素替代弹性取单位值以及要素效率增长率按两部门平均技术进步增长率设定。

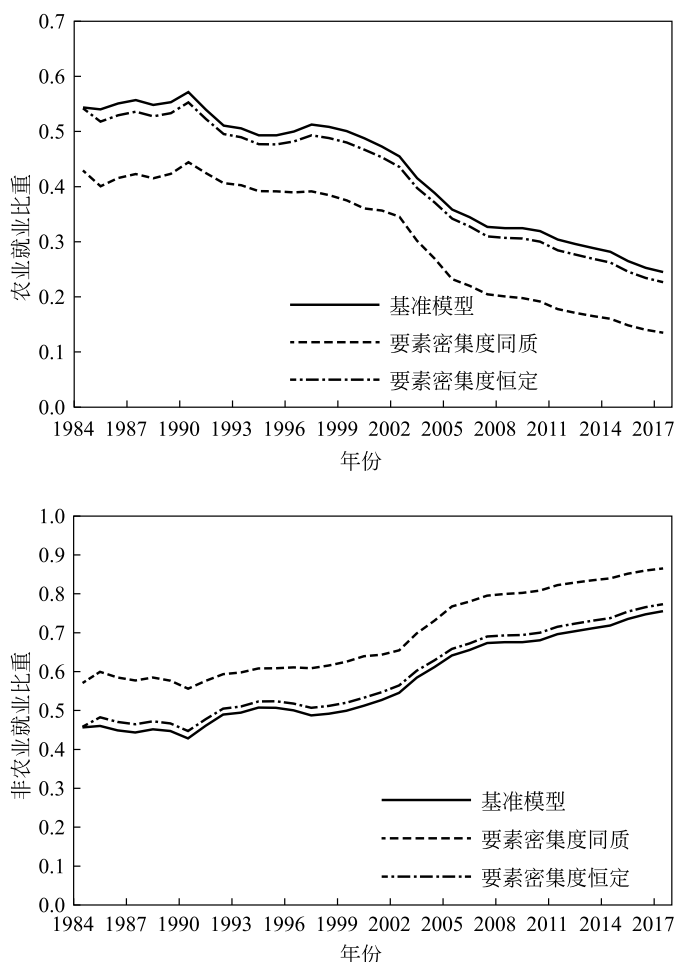


图 5 要素密集度对产业结构转型的影响:反事实模拟

经济与两个部门技术进步率均值差别不大,对两个部门就业比重的影响方向和影响程度非常接近。相比于基准模型,农业就业比重平均下降近 20 个百分点,工业就业比重变动刚好相反。农业部门技术进步率反事实上升形成有效劳动的增加而减少劳动投入,这是由于整体经济技术进步增长率显著高于农业部门,要素替代弹性较低决定农业有效劳动供给增加难以较大幅度提高农业产出,导致其有效劳动工资下降幅度大于农产品相对价格下降幅度,促使农业劳动向非农产业转移。非农业部门资本和劳动呈互补性,技术进步率反事实下降形成有效劳动减少而增加劳动投入。

为了评估要素替代弹性的影响,模拟结果如图 7 所示。将农业和非农业部门异质化要素替代弹性分别设定为同质化整体经济替代弹性与 C-D 生产函数单位弹性。结果发现,产业内要素替代弹性差异对产业结构转型影响不大,原因

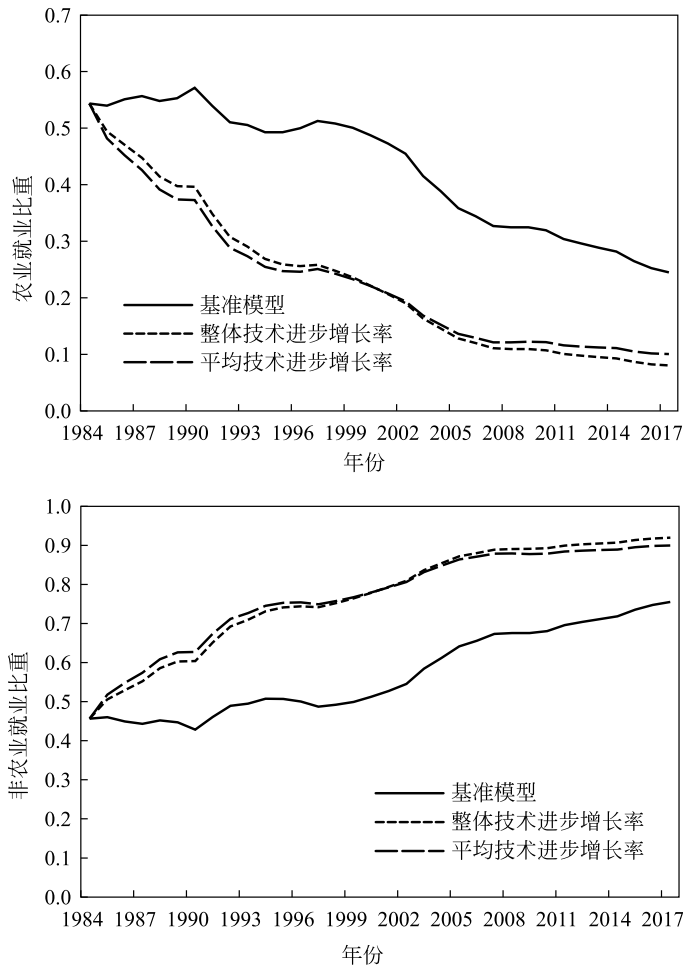


图 6 技术进步对产业结构转型的影响:反事实模拟

在于整体经济与两个部门要素替代弹性均小于 1 且差别不大。要素替代弹性小于 1 在有偏技术进步决定技术进步偏向(收入分配结构)的方向时起着关键作用,但决定要素配置结构时要素再平衡效应小于相对价格效应,资本深化、技术进步的变化最终决定要素流动方向而发挥主导作用,要素替代弹性影响非常有限。

5 进一步讨论

根据本文三种情形基本假设,可以得到不同的结构转型过程。基于中国宏观数据经验研究发现相对价格效应是决定产业结构变迁的主导机制,而要素替代弹性影响非常有限。表明假设 2、假设 3 更符合中国经济现实,意味着 $\sigma_1 =$

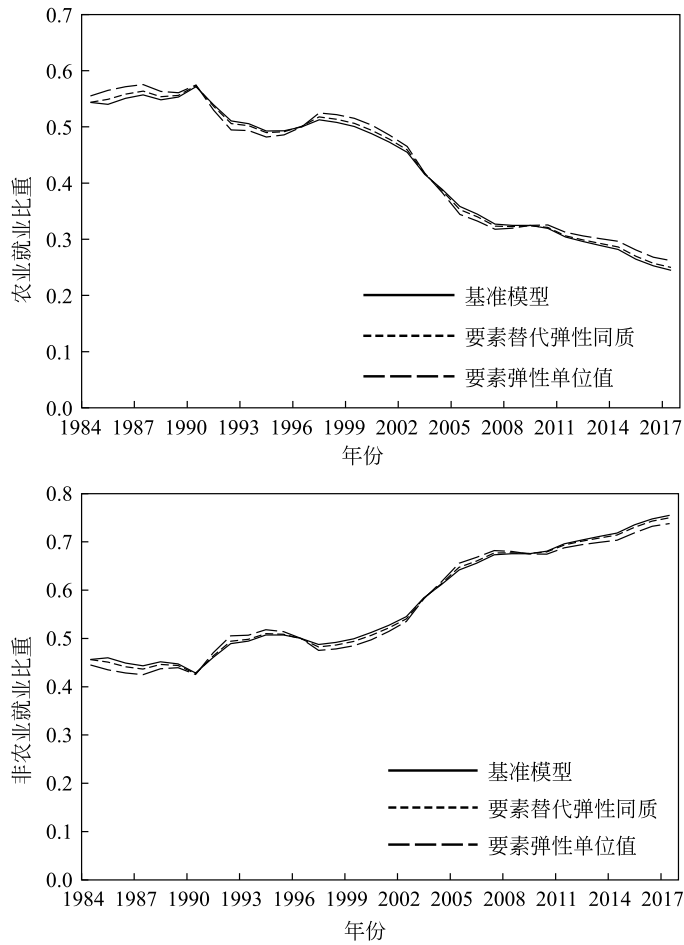


图7 要素替代弹性对产业结构转型的影响:反事实模拟

$\sigma_2, \alpha_2 > \alpha_1, \varepsilon > 1$ 且存在 $\frac{\dot{M}_1}{M_1} < \frac{\dot{M}_2}{M_2} \neq 0$ 特征。在此情形下刻画出农业部门向非农业部门动态转移过程、平衡增长路径 (CGP) 和非平衡增长结构转型过程。其中, 用符号 $\hat{\cdot}$ 表示动态积累率, 记 $\hat{Z} = \dot{Z}/Z$ 为变量 Z 的增长率, g_{zi} 为在 i 部门 Z 变量的增长速率, g_z 为整体经济 Z 变量的增长速率。

首先, 分析平衡增长路径与经济结构转型的要素配置。构建动态积累方程分析农业部门和非农业部门资本、劳动要素配置结构是如何变化的, 并证明存在唯一的平衡增长路径, 在此路径上两个部门非平衡增长率决定结构转型过程。

定义变量 $\chi_t = \frac{K_t}{M_{2t}L_t}$, 表示标准化的人均资本存量, 动态求解得其增长率 $\hat{\chi}_t =$

$$\dot{\chi}_t / \chi_t = \frac{\dot{K}_t}{K_t} - m_2 - n = \frac{sY_t}{K_t} - \delta - m_2 - n, \text{ 其中 } m_i \text{ 表示部门 } i \text{ 劳动增进型技术进}$$

步增长率。利用式(4)和式(5),整理可得 $\left(\frac{Y_{1t}}{Y_{2t}}\right)^{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}} = \left(\frac{1-\tau_t}{\tau_t}\right)\left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$,在式(1)方

程两端同除以 Y_{2t} 变形为 $\frac{Y_t}{Y_{2t}} = \left[\gamma\left(\frac{Y_{1t}}{Y_{2t}}\right)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} + (1-\gamma)\right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$,将二者相结合,可得:

$$\frac{Y_t}{Y_{2t}} = (1-\gamma)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \left[\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \left(\frac{\tau_t}{1-\tau_t} \right) + 1 \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \equiv \eta \quad (42)$$

由此可得, $Y_t = \eta_t Y_{2t} = \eta_t (1-\lambda_t)^{(1-\alpha_2)} (1-\tau_t)^{\alpha_2} \chi_t^{\alpha_2-1} K_t$,代入 $\hat{\chi}_t$ 的动态增长率方程,可得:

$$\hat{\chi}_t = \dot{\chi}_t / \chi_t = S \eta_t (1-\lambda_t)^{(1-\alpha_2)} (1-\tau_t)^{\alpha_2} \chi_t^{\alpha_2-1} - (\delta + m_2 + n) \quad (43)$$

根据 $\left(\frac{Y_{1t}}{Y_{2t}}\right)^{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}} = \left(\frac{1-\tau_t}{\tau_t}\right)\left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$,动态求解得 $\hat{\tau}_t = \frac{\dot{\tau}_t}{\tau_t} = -\left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)(1-\tau_t)\left(\frac{\hat{Y}_{1t}}{Y_{2t}}\right)$ 。由于

$\frac{Y_{1t}}{Y_{2t}} = [\lambda_t^{1-\alpha_1} (1-\lambda_t)^{-(1-\alpha_2)} \tau_t^{\alpha_2} \cdot (1-\tau_t)^{-\alpha_2} \chi_t^{\alpha_1-\alpha_2} \left(\frac{M_{1t}}{M_{2t}}\right)^{1-\alpha_1}]$,增长率为 $\left(\frac{\hat{Y}_{1t}}{Y_{2t}}\right) =$

$\left[(1-\alpha_1) + \frac{(1-\alpha_2)\lambda_t}{1-\lambda_t} \right] \frac{\dot{\lambda}_t}{\lambda_t} + \alpha_1 \frac{\dot{\tau}_t}{\tau_t} + \frac{\alpha_2 \tau_t \dot{\tau}_t}{1-\tau_t \tau_t} + (\alpha_1 - \alpha_2) \frac{\dot{\chi}_t}{\chi_t} + (1-\alpha_1)(m_2 - m_1)$,再利用

$d \ln \lambda_t = \frac{1-\lambda_t}{1-\tau_t} d \ln \tau_t$,进一步化简并代入 $\hat{\tau}_t$ 的动态增长率方程,可得:

$$\hat{\tau}_t = \dot{\tau}_t / \tau_t = \frac{(1-\tau_t)[(\alpha_2 - \alpha_1)\hat{\chi}_t + (1-\alpha_1)(m_2 - m_1)]}{(1-\varepsilon)^{-1} + (\alpha_2 - \alpha_1)(\tau_t - \lambda_t)} \quad (44)$$

此处, $\eta_t = (1-\gamma)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \left[\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \left(\frac{\tau_t}{1-\tau_t} \right) + 1 \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$, $1-\lambda_t = \left[1 + \left(\frac{1-\tau_t}{\tau_t} \right) \left(\frac{1-\alpha_2}{1-\alpha_1} \right) \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \right]^{-1}$ 。

其次,分析鞍点稳态与经济结构转型的演进趋势。结合 CGP 路径上 $\hat{\chi}_t = b$, b 为常数,对式(43)关于时间求导,发现 $\partial \tau_t / \partial \chi_t =$

$$-\frac{(1-\alpha_2)\tau_t(1-\tau_t)}{\chi_t \left[\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \cdot \frac{\alpha_1(1-\tau_t)}{(\alpha_2(1-\tau_t) + \alpha_1\tau_t)\tau_t} + (1-\alpha_1)\lambda_t + \alpha_2\tau_t \right]} < 0, \text{说明随着人均有效资本存}$$

量 χ_t 的增加, τ_t 呈单调地持续下降,最终退化于 $\tau^* = 0$ 。此时, $\hat{\tau} = 0$ 与 $\hat{\chi} = 0$ 曲线相交,可得均衡点:

$$\chi^* = \left(\frac{S(1-\gamma)^{\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\right)}}{\delta + m_2 + n} \right)^{\frac{1}{1-\alpha_2}}, \quad \tau^* = \lambda^* = 0 \quad (45)$$

均衡点 $E(\chi^*, \tau^*)$ 是经济系统唯一的鞍点稳态,表明在给定初始状态变量 $\{\chi_0,$

$A_0 = \frac{M_{20}}{M_{10}}, \tau_0 \}$ 之后经济会沿着唯一的平衡增长路径 (CGP) 收敛到均衡点, 满足动态积累方程式 (44) 和式 (45)。

最后, 分析非平衡增长与结构转型的收敛速率。在 CGP (constant growth path) 平衡增长路径上动态转移极限点是 $\tau^* = \lambda^* = 0$, 表明长期经济增长将最终收敛于非农业部门, 但这只是极限状态, 关键在于求解农业部门和非农业部门产出、资本和劳动要素的增长速率差异。动态求解 $\left(\frac{Y_{1t}}{Y_{2t}}\right)^{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}} = \left(\frac{1-\tau_t}{\tau_t}\right) \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right) \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$, 并代入 $\left(\frac{\hat{Y}_{1t}}{\hat{Y}_{2t}}\right)$ 增长率方程式, 整理可得各产业部门资本存量增长率的关系满足 $g_{K2} - g_{K1} = (\varepsilon - 1)(1 - \alpha_1)(m_2 - m_1)$, 类比可得各部门劳动要素增长率关系为 $g_{L2} - g_{L1} = (\varepsilon - 1)(1 - \alpha_1)(m_2 - m_1)$ 。结合利用 CGP 路径上存在 $Y_t = \eta_t^* Y_{2t}$, $\hat{\chi}_t = b$ (常数) 且相关变量以恒定速度增长的特征, 动态求解 $\chi_t = K/M_2 L$, $Y_{2t} = (1 - \lambda_t)^{(1-\alpha_2)} \cdot (1 - \tau_t)^{\alpha_2} \chi_t^{\alpha_2-1} K_t$ 以及 $Y_{1t} = \lambda_t^{1-\alpha_1} \tau_t^{\alpha_1} \chi_t^{\alpha_1-1} K_t \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^{1-\alpha_1}$, 整理得到加总及产业部门产出、资本和劳动要素的增长率分别为:

$$\begin{aligned} g_Y^* &= g_{Y2}^* = g_{K2}^* = g_K^* = n + m_2 \\ g_{Y1}^* &= g_Y^* - (1 - \alpha_1)(m_2 - m_1), \quad g_{K1}^* = g_Y^* - (\varepsilon - 1)(1 - \alpha_1)(m_2 - m_1) \\ g_{n2}^* &= n, \quad g_{n1}^* = n - (\varepsilon - 1)(1 - \alpha_1)(m_2 - m_1) \end{aligned} \quad (46)$$

上述命题背后的含义是: 两个部门沿着 CGP 路径存在非平衡增长差异, g_{Yi} 与 g_{Ki} 之间的大小关系依赖于技术进步差异与产品替代弹性高低。其中, TFP 增长率差异是非平衡增长的动因, 产品替代弹性决定了资本、劳动要素动态转移的方向, 共同决定中国经济结构转型的长期演进趋势。结合中国农产品与非农产品之间替代弹性为 1.3819 ($\varepsilon > 1$), 且非农业部门技术进步快于农业部门 ($m_2 > m_1$) 特征事实, 得到 $g_{Y1}^* < g_{Y2}^* = g_Y^*$, $g_{K1}^* < g_{K2}^* = g_K^*$, $g_{n1}^* < g_{n2}^* = g_n^*$ 的结论。表明农业部门作为要素净流出部门, 其产出、资本和劳动增长速度均小于非农业部门, 中国结构转型的速度取决于非农业部门更快增长和农业部门要素自由流动、更快转移。

6 总结与政策启示

本文借鉴 Alvarez-Cuadrado et al. (2017) 构建多部门结构转型理论模型, 考察并识别要素再平衡效应、相对价格效应和相对边际产出效应影响中国结构变迁的主导机制和效应大小。研究发现: (1) 中国农业、非农业部门内部劳动和资

本的要素替代弹性小于1,并且农业部门生产要素替代弹性相对较低,表明中国农业部门“要素互补性”抑制了农业部门劳动力向非农业部门转移。(2)中国农业、非农业部门之间产品需求替代弹性大于1,使LM曲线向上倾斜减弱了由于资本深化、技术进步引致的相对价格效应,解释了非农业部门就业比重呈显著增长的结构演化趋势。(3)拓展Box-Cox转换一般框架,识别了不同部门要素增进型技术进步函数的具体形式,分别为农业呈劳动指数形、资本对数形增进,非农产业呈劳动指数形增进、资本无效率增进的形式。(4)动态模型证明存在CGP路径,由于TFP增长率差异使两部门在向稳态收敛过程中,存在非平衡增长的结构转型。

上述结论的启示在于:(1)促进农业部门劳动力流出对中国经济增长的提振作用,关键在于提升农业要素替代弹性。中国正在经历人口结构转变和人口红利的不断消失,继续加快农民非农就业对于应对劳动力成本逐步上升具有极其重要意义。张军等(2016)在推算中国经济增长潜力研究中发现,中国产业增加值衡量的经济结构变化模式与东亚经济体参照相近,但从就业人数来看,在同样的购买力水平下,中国农业人口就业比重高于日本、韩国近13个百分点。考虑中国农业就业人数仍然较高,农业劳动向非农产业转移仍是中国未来提高劳动生产率和结构转型实现增长的重要来源。因此,加大农村基础设施投资、加快实现农业现代化步伐,资本有效替代劳动有利于促进农民外出就业而实现更高质量、更充分就业。这一启示为“乡村振兴战略”政策设计提供了重要的学理依据。(2)提升非农产业部门要素增进型技术进步率培育中国经济新动能,需兼顾要素收入分配的偏向。中国非农产业部门整体呈劳动要素指数增进、要素替代弹性小于1的性质,决定了有偏技术进步呈劳动增进型、劳动偏向型特征。但由于不同行业可能存在不同技术进步形式和要素替代,在创新驱动以数字经济、人工智能为战略性技术支持,实现高质量发展的新发展格局中,有偏技术进步下更需关注技术进步的偏向和要素收入分配的方向。需各级政府在“扎实推动共同富裕”政策措施中加大普惠性人力资本投入、积极培育复合型人才,提升不同产业数字化、智能化“专业”技能,在数字经济发展可能产生“资本有偏技术、技术偏向资本”背景下实现稳步提升劳动者报酬的基本路径。

附录A 关于加总替代弹性的证明

本文借鉴Miyagiwa and Papageorgiou(2007)关于加总要素替代弹性的理论模型与推导结论。首先,在原文献中缺失对要素替代弹性 $\sigma_i = (c_i c_{iwr}) / (c_{iw} c_{ir})$ 公式的推导与说明,在此补充证明。其次,对原文中式(4)和式(5)、式(7)和式(8)附以证明的推导过程;最后,简要证明谢菲尔德引理(Shephard's Lemma)。

1. 证明: $\sigma_i = (c_i c_{iwr}) / (c_{iw} c_{ir})$ 。

因为 $c_{iw} = \partial c_i(w, r) / \partial w = L_i / X_i$, $c_{ir} = \partial c_i(w, r) / \partial r = K_i / X_i$, 可得 $c_{iw} / c_{ir} = K_i / L_i = k_i$ 。

根据弹性的定义: $\sigma_i = \frac{\partial(K_i / L_i) / (K_i / L_i)}{\partial(w / r) / (w / r)}$, 求偏导变形可得:

$$\sigma_i = \frac{(c_{irw} c_{iw} dw - c_{iwr} c_{ir} dw) w}{(c_{iw})^2} \cdot \frac{c_{iw}}{c_{ir}} \quad (\text{A. 1})$$

根据谢菲尔德引理可证明 $c_{irw} = -\frac{w}{r} c_{iwr}$, 代入式(1), 整理可得:

$$\sigma_i = \frac{(c_{irw} c_{iw} dw + \frac{r}{w} c_{iwr} c_{ir} dw) w}{(c_{iw})^2 dw} \cdot \frac{c_{iw}}{c_{ir}} = \frac{\left(c_{irw} \frac{w L_i}{Y_i} + c_{iwr} \frac{r k_i}{Y_i} \right)}{c_{iw}} = \frac{c_i c_{irw}}{c_{iw} c_{ir}}$$

其中, 利用了原式(2) $p_i = c_i$ 的等价性质。证毕。

2. 证明: 原式(6) $\hat{w} - \hat{r} = (\hat{p}_1 - \hat{p}_2) \Theta^{-1}$ 。

关于原式(4)和原式(5)采用消元法化简, 整理可得:

$$(\theta_{1w} \theta_{2r} - \theta_{2w} \theta_{1r}) \hat{r} = \theta_{2r} \hat{p}_1 - \theta_{1r} \hat{p}_2 \quad (\text{A. 2})$$

$$(\theta_{1r} \theta_{2w} - \theta_{2r} \theta_{1w}) \hat{w} = \theta_{2w} \hat{p}_1 - \theta_{1w} \hat{p}_2 \quad (\text{A. 3})$$

进一步, 将式(2)和式(3)相加得到:

$$(\theta_{1w} \theta_{2r} - \theta_{2w} \theta_{1r}) (\hat{w} - \hat{r}) = (\theta_{2r} + \theta_{2w}) \hat{p}_1 - (\theta_{1r} + \theta_{1w}) \hat{p}_2$$

利用 $\theta_{ir} + \theta_{iw} = 1$ 性质, 可得 $(\theta_{1w} \theta_{2r} - \theta_{2w} \theta_{1r}) (\hat{w} - \hat{r}) = \hat{p}_1 - \hat{p}_2$, 证得原式(6)。

其中, $\Theta = \theta_{1w} \theta_{2r} - \theta_{2w} \theta_{1r} = \theta_{1w} - \theta_{2w} = \theta_{2r} - \theta_{1r}$ 。

3. 证明: 原文式(7) $\lambda_{1w}(\hat{X}_1 + \hat{c}_{1w}) + \lambda_{2w}(\hat{X}_2 + \hat{c}_{2w}) = \hat{L}$, 同样的方法类比推得原式(8)。

根据文中原式 $X_1 c_{1w}(w, r) + X_2 c_{2w}(w, r) = L$, 将两边差分:

$$\dot{X}_1 c_{1w}(w, r) + X_1 \dot{c}_{1w}(w, r) + \dot{X}_2 c_{2w}(w, r) + X_2 \dot{c}_{2w}(w, r) = \dot{L} \quad (\text{A. 4})$$

将式(4)中的 $c_{1w} = L_1 / X_1$, $c_{2w} = L_2 / X_2$ 进一步展开变形:

$$\begin{aligned} & \frac{\dot{X}_1}{L} \frac{L_1}{X_1} + \frac{X_1}{L} \frac{\dot{c}_{1w}(w, r)}{c_{1w}(w, r)} \frac{L_1}{X_1} + \frac{\dot{X}_2}{L} \frac{L_2}{X_2} + \frac{X_2}{L} \frac{\dot{c}_{2w}(w, r)}{c_{2w}(w, r)} \frac{L_2}{X_2} = \frac{\dot{L}}{L} \\ \Rightarrow & \frac{\dot{X}_1}{X_1} \frac{L_1}{L} + \frac{\dot{c}_{1w}(w, r)}{c_{1w}(w, r)} \frac{L_1}{L} + \frac{\dot{X}_2}{X_2} \frac{L_2}{L} + \frac{\dot{c}_{2w}(w, r)}{c_{2w}(w, r)} \frac{L_2}{L} = \frac{\dot{L}}{L} \end{aligned} \quad (\text{A. 5})$$

最后, 根据定义 $\lambda_{1w} = L_1 / L$, $\lambda_{2w} = L_2 / L$, 可得 $\lambda_{1w}(\hat{X}_1 + \hat{c}_{1w}) + \lambda_{2w}(\hat{X}_2 + \hat{c}_{2w}) = \hat{L}$, 证毕。

4. 证明: 谢菲尔德引理 (Shephard's Lemma)

在给定的效用水平 u^* 和价格 p , 找到实现此效用水平的最低支出 m 。谢菲尔德引理为:

$$\begin{aligned} \partial m(p, u) / \partial p_i &= x_i^* = H_i(p, u), \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \frac{\partial m(p, u)}{\partial p_i} &= \frac{\partial [\sum p_i x_i^* - \lambda(u(x^*) - u)] m(p, u)}{\partial p_i} = x_i^*, \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (\text{A. 6})$$

事实上, $\partial m(p, u) / \partial p_i = x_i^* + \sum_{j=1}^n p_j \frac{\partial x_j^*}{\partial p_j}, i \neq j, j = 1, 2, \dots, n$

由最优化问题的一阶条件可得: $p_j = \lambda u_j$, 对 $u(x) = u$ 两边求导:

$$\sum_{j=1}^n u_j \frac{\partial x_j^*}{\partial p_j} = 0 \quad (\text{A. 7})$$

联立两式可得: $\frac{1}{u} \sum_{j=1}^n p_j \frac{\partial x_j^*}{\partial p_j} = 0$ 成立。

参考文献

- 陈晓玲, 连玉君. 2013. 资本-劳动替代弹性与地区经济增长——德拉格兰德维尔假说的检验[J]. 经济学(季刊), 12(1): 93-118.
- Chen X L, Lian Y J. 2013. Capital-Labor elasticity of substitution and regional economic growth: An empirical investigation of the De La Grandville Hypothesis[J]. *China Economic Quarterly*, 12(1): 93-118. (in Chinese)
- 戴天仕, 徐现祥. 2010. 中国的技术进步方向[J]. 世界经济, 33(11): 54-70.
- Dai T S, Xu X X. 2010. The direction of China's technical change[J]. *The Journal of World Economy*, 33(11): 54-70. (in Chinese)
- 董直庆, 王林辉, 袁礼. 2015. 不同类型技术进步对技能劳动的冲击效应及其非对称性检验[J]. 数理统计与管理, 34(4): 696-706.
- Dong Z Q, Wang L H, Yuan L. 2015. The effect of different technological progress on the skilled labor[J]. *Journal of Applied Statistics and Management*, 34(4): 696-706. (in Chinese)
- 封永刚, 蒋雨彤, 彭珏. 2017. 中国经济增长动力分解: 有偏技术进步与要素投入增长[J]. 数量经济技术经济研究, 34(9): 39-56.
- Feng Y G, Jiang Y T, Peng J. 2017. Decomposition of economic growth's motive force in China: Biased technical progress and factor input growth[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 34(9): 39-56. (in Chinese)
- 封永刚, 蒋雨彤. 2021. 要素替代弹性估计方法的比较与改进[J]. 数量经济技术经济研究, 38(4): 139-158.
- Feng Y G, Jiang Y T. 2021. Comparison and improvement of estimating methods of

- elasticity of factor substitution [J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 38(4): 139-158. (in Chinese)
- 郭凯明. 2019. 人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动[J]. 管理世界, 35(7): 60-77.
- Guo K M. 2019. Artificial intelligence, structural transformation and labor share [J]. *Journal of Management World*, 35(7): 60-77. (in Chinese)
- 郭凯明, 杭静, 颜色. 2020. 资本深化、结构转型与技能溢价[J]. 经济研究, 55(9): 90-105.
- Guo K M, Hang J, Yan S. 2020. Capital deepening, structural change and skill premium[J]. *Economic Research Journal*, 55(9): 90-105. (in Chinese)
- 郭凯明, 罗敏. 2021. 有偏技术进步、产业结构转型与工资收入差距[J]. 中国工业经济, (3): 24-41.
- Guo K M, Luo M. 2021. Directed technological change, structural transformation, and wage income gap[J]. *China Industrial Economics*, (3): 24-41. (in Chinese)
- 郝枫, 盛卫燕. 2014. 中国要素替代弹性估计[J]. 统计研究, 31(7): 12-21.
- Hao F, Sheng W Y. 2014. Elasticity estimates of factor substitution in China[J]. *Statistical Research*, 31(7): 12-21. (in Chinese)
- 雷钦礼. 2013. 偏向性技术进步的测算与分析[J]. 统计研究, 30(4): 83-91.
- Lei Q L. 2013. The measure and analysis of biased technical progress [J]. *Statistical Research*, 30(4): 83-91. (in Chinese)
- 路风. 2022. 中国经济为什么能够增长[J]. 中国社会科学, (1): 36-62.
- Lu F. 2022. Why was China's economy able to grow? [J]. *Social Sciences in China*, (1): 36-62. (in Chinese)
- 孙琳琳, 任若恩. 2014. 转轨时期我国行业层面资本积累的研究——资本存量和本流量的测算[J]. 经济学(季刊), 13(3): 837-862.
- Sun L L, Ren R E. 2014. Estimates of China's capital accumulation by Industry: Capital stock and capital service flow[J]. *China Economic Quarterly*, 13(3): 837-862. (in Chinese)
- 田友春. 2016. 中国分行业资本存量估算: 1990—2014年[J]. 数量经济技术经济研究, 33(6): 3-21, 76.
- Tian Y C. 2016. Estimation on capital stock of sectors in China: 1990—2014[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 33(6): 3-21, 76. (in Chinese)
- 王弟海, 李夏伟, 龚六堂. 2021. 经济增长与结构变迁研究进展[J]. 经济学动态, (1): 125-142.
- Wang D H, Li X W, Gong L T. 2021. Research progress on economic growth and

- economic structure changes [J]. *Economic Perspectives*, (1): 125-142. (in Chinese)
- 王高望, 史博文, 叶海云. 2018. 中国产业结构转型特征事实的一个理论解释[J]. 经济学报, 5(2): 43-62.
- Wang G W, Shi B W, Ye H Y. 2018. A theoretical exploration of the stylized facts of China's structural transformation[J]. *China Journal of Economics*, 5(2): 43-62. (in Chinese)
- 王林辉, 袁礼. 2018. 有偏型技术进步、产业结构变迁和中国要素收入分配格局[J]. 经济研究, 53(11): 115-131.
- Wang L H, Yuan L. 2018. Directed technical change, industrial structural transformation and factor shares in China[J]. *Economic Research Journal*, 53(11): 115-131. (in Chinese)
- 徐朝阳, 王韡. 2021. 部门异质性替代弹性与产业结构变迁[J]. 经济研究, 56(4): 77-92.
- Xu Z Y, Wang W. 2021. Heterogeneous sectoral elasticity of substitution and structural transformation [J]. *Economic Research Journal*, 56(4): 77-92. (in Chinese)
- 许宪春, 张钟文, 常子豪, 等. 2020. 中国分行业全要素生产率估计与经济增长动能分析[J]. 世界经济, 43(2): 25-48.
- Xu X C, Zhang Z W, Chang Z H, et al. 2020. Industrial productivity and economic growth drivers in China[J]. *The Journal of World Economy*, 43(2): 25-48. (in Chinese)
- 张建华, 盛长文. 2020. 产业结构变迁及其经济效应研究进展[J]. 经济学动态, (10): 127-144.
- Zhang J H, Sheng C W. 2020. Research progress on industrial structure change and its economic effects[J]. *Economic Perspectives*, (10): 127-144. (in Chinese)
- 张军, 徐力恒, 刘芳. 2016. 鉴往知来: 推测中国经济增长潜力与结构演变[J]. 世界经济, 39(1): 52-74.
- Zhang J, Xu L H, Liu F. 2016. Learning from the past: Speculate on China's economic growth potential and structural change [J]. *The Journal of World Economy*, 39(1): 52-74. (in Chinese)
- 郑猛. 2016. 有偏技术进步下要素替代增长效应研究[J]. 数量经济技术经济研究, 33(11): 94-110.
- Zheng M. 2016. Growth effect research of factor substitution based on biased technology progress [J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 33(11): 94-110. (in Chinese)

- 朱民, 张龙梅, 彭道菊. 2020. 中国产业结构转型与潜在经济增长率[J]. 中国社会科学, (11): 149-171.
- Zhu M, Zhang L M, Peng D J. 2020. The transformation of China's industrial structure and its potential economic growth rate [J]. *Social Sciences in China*, (11): 149-171. (in Chinese)
- 朱天, 张军, 刘芳. 2017. 中国的投资数据有多准确? [J]. 经济学(季刊), 16(3): 1199-1218.
- Zhu T, Zhang J, Liu F. 2017. How accurate is China's investment statistics? [J]. *China Economic Quarterly*, 16(3): 1199-1218. (in Chinese)
- Acemoglu D, Guerrieri V. 2008. Capital deepening and nonbalanced economic growth [J]. *Journal of Political Economy*, 116(3): 467-498.
- Alvarez-Cuadrado F, Van Long N, Poschke M. 2017. Capital-Labor substitution, structural change, and growth[J]. *Theoretical Economics*, 12(3): 1229-1266.
- Herrendorf B, Rogerson R, Valentinyi Á. 2013. Two perspectives on preferences and structural transformation[J]. *American Economic Review*, 103(7): 2752-2789.
- Herrendorf B, Herrington C, Valentinyi Á. 2015. Sectoral technology and structural transformation[J]. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 7(4): 104-133.
- Herrendorf B, Rogerson R, Valentinyi Á. 2021. Structural change in investment and consumption—A unified analysis [J]. *The Review of Economic Studies*, 88(3): 1311-1346.
- Klump R, McAdam P, Willman A. 2007. Factor substitution and factor-augmenting technical progress in the United States: A normalized supply-side system approach [J]. *The Review of Economics and Statistics*, 89(1): 183-192.
- Kongsamut P, Rebelo S, Xie D Y. 2001. Beyond balanced growth[J]. *The Review of Economic Studies*, 68(4): 869-882.
- Miyagiwa K, Papageorgiou C. 2007. Endogenous aggregate elasticity of substitution[J]. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(9): 2899-2919.
- Ngai L R, Pissarides C A. 2007. Structural change in a multisector model of growth[J]. *American Economic Review*, 97(1): 429-443.

Heterogeneous Elasticity of Factor Substitution, Biased Technical Change, and China's Structural Transformation

Zhuoma Cao

(School of Economics, Northwest Normal University)

Abstract This paper provides a Chinese answer for the heterogeneous elasticity of substitution in two sectors. we develop a multi-sector model of structural change by allowing for biased technical change and factor rebalancing effect. Based on the data of China since 1984, it is found that the elasticity of factors substitution within agricultural and non-agricultural sectors is less than 1, and the elasticity of demand between sectors is greater than 1. The benchmark model well fits the structural transformation characteristics of the declining proportion of agricultural employment and the rising proportion of non-agricultural employment in China. Among them, the relative price effect and the relative marginal product effect are the dominant mechanisms determining the structural transformation, the impact of heterogeneous elasticity of factors substitution is very limited. Improving the elasticity of factor substitution is the key to promote migration from agricultural to non-agricultural sectors; accelerating technological progress to foster new drivers of growth, while taking into account the direction of income distribution of factors.

JEL Classification O14, O41, C82, O30